

No. 27 Jun. 2002

セレン (Se) の話

- その栄養と毒性を考える -

はじめに

毒性学と栄養学の接点に立って眺める時、現在最も注目を集めている元素の一つがセレン (Selenium) です。セレンはベルツェリウスが 1817 年に発見した原子番号 34 の元素で、化学的には硫黄によく似た性質を示します。非金属元素の一つであるセレンが、ヒ素などと同様、極めて毒性の強い元素であることはすでに 19 世紀半ばには知られていました。これに対して、セレンが動物や人間にとって必須微量元素の一つであることが認識されるようになったのは比較的最近のことです。栄養上の必要量と中毒発生量との差が小さい (最適濃度範囲が狭い) のがセレンの大きな特徴であり、それ故に、セレンとヒトの健康との係わり、我々の日常的なセレン摂取量などに十分な注意を払う必要があります。(最適濃度範囲については、JFRL ニュース Vol.2 No.24 を参照)

アメリカの食品医薬品局 (FDA) は、家畜飼料中のセレン含量の上限を 1974 年に一旦 $0.1\mu\text{g/g}$ と決めましたが、1987 年にはこれを $0.3\mu\text{g/g}$ に上方修正しました。アメリカでは、この改訂の是非が問題となっており、家畜の飼料に添加されたり糞中に排泄されるセレンが土壌や河川等を汚染する危険性が論議されています。セレンは、魚介類の食物連鎖によって濃縮されることが明らかになっているだけに、水系の汚染があるとすれば事は重大です。土壌や河川等の我々をとりまく環境中のセレン濃度の変化にも監視の目を向ける必要があると言えましょう。わが国でも、水道水の水質基準 (厚生労働省) や水質汚濁防止に係わる環境基準 (環境省) にセレンが試験項目の一つに加えられています。

動物のセレン欠乏症

1957 年に Schwarz と Foltz がセレンにラットの肝壊死を阻止する作用のあることを確認したのが、セレン欠乏症発見の最初です。その後、子ウシや子ヒツジなど家畜の幼獣で多発する筋ジストロフィー (White muscle disease) や成長阻害がセレンの補給によって予防できる事例が数多く報告されたり、セレンを欠乏させたラットやヒツジなどで心電図異常などの心筋障害の発生が幾つも確認されるなど、動物にセレン欠乏症の存在する証拠が次々と明らかにされました。これまでの多くの事例から、セレン欠乏症に共通する特徴は循環 (血液の流れに係わる) 系統の不全であることが示唆されています。

セレンは動物の必須微量元素の一つであり、ビタミン E との相補的作用、あるいはビタミン E の代替作用を有するものであることがこれまでに明らかにされています。抗酸化作用酵素のグルタチオンペルオキシダーゼの活性中心にセレンが含まれていることが哺乳動物で確かめられているほか、幾つかのセレン含有タンパク質やセレン含有アミノ酸 (セレノシステインやセレノメチオニン) の存在も報告されています。セレン含有タンパク質やセレン含有アミノ酸は、含硫アミノ酸であるシステインやメチオニンの硫黄がセレンに置き換わったものです (図 1 参照)。セレンの化学的な性質は硫黄に近似し、しかも硫黄よりもかなり反応性に富んでいることが知られています。最近の研究で、セレン化合物あるいはその代謝産物が活性酸素 (活性酸素は抗ウイルス作用など生体防御の機能を有する一方で、過剰に存在すると細胞の癌化や老化の引金となります) の消去に役立っている可能性が示唆されています。また、セレンには各種重金属元素との高い親和性があるため、水銀など重金属元素の中毒作用を緩和する可能性も考えられています。



図1 セレン含有アミノ酸の化学構造の例

ヒトのセレン欠乏症

ヒトにおけるセレン欠乏症の事例は未だ多く知られてはいません。これまでに知られているヒトの代表的なセレン欠乏症に克山病 (Keshan Disease) とカシン・ベック病があります。特に中国の黒竜江省克山県の風土病の一つとして知られていた克山病は心筋障害を特徴とし、小児や妊娠可能期の女性に多く発症していました。1979年、セレンの投与がその発症防止に有効であることが明らかにされ、ヒトのセレン欠乏症の存在が初めて実証されたのです。この地域では土壌中のセレン含有量が極めて低く、食物連鎖の頂点にある人間にセレン欠乏が発生したのです。その後、セレンをほとんど含まない高いカロリー輸液を使用したヒトで致死性の心筋障害が発生するという事例も報告されています。

低セレン状態が癌を含む疾病の発症にとって危険因子となる可能性のあることも示唆されています。セレン摂取量と癌死亡率の関係に関する疫学調査によりますと、両者の間に高い負の相関があり、癌多発地域のセレン摂取量は健全地域に比して低レベルにあるという結果が得られているのです。セレンの血液中の最適濃度範囲は、0.04 ~ 0.32 $\mu\text{g}/\text{ml}$ で、この範囲ではセレン濃度が高いほど乳がんによる死亡率が低下することが報告されています。分子レベルでは、1991年に甲状腺ホルモンの T4 を活性型の T3 に変換する酵素であるタイプ I 5 - デイオディナーゼ (type 5-deiodinase) の活性中心にセレンの含まれていることが明らかにされました。

ヒトにおけるセレンの最適摂取量は、0.03 ~ 0.1 mg/day とされており、摂取量が 0.01 mg/day を下回ると欠乏症が、0.2 mg/day を上回ると中毒症が発症するようです。

セレンの毒性

セレンとその化合物 (セレン酸ナトリウム NaSeO_4 、二酸化セレン SeO_2 など) は、わが国の「毒物及び劇物指定令」(昭和40年政令第2号)によって毒物に指定されています。この事からも分かるように、セレンはかなり毒性の強い元素です。動物における代表的なセレン中毒に、アメリカのネブラスカ州をはじめとするグレートプレーン地方でかつて多発したアルカリ病と暈倒病 (Blind Staggers) があります。いずれも致死性の中毒症で、慢性セレン中毒の一種であるアルカリ病は、成長障害や体毛の脱落などを特徴とし、暈倒病は急性セレン中毒の一種で、異常歩行動作や下痢などを特徴とします。これまでの研究から、家畜の場合、飼料中のセレン含量が 3 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以下であれば、セレン中毒の発症はないとされています。ヒトでの事例報告は少ないものの、ベネズエラではセレン過剰症の存在が知られており、この地域の過剰症の研究からヒトのセレン摂取の上限は 280 $\mu\text{g}/\text{day}$ 程度とされています。

食品のセレン含量

食品のセレン含量について、鈴木泰夫編「食品の微量元素含量表」(第一出版)が参考になります。セレンは魚介類に最も豊富に含まれ、肉類、卵類および種実類にも比較的豊富に含まれています。